

# 최신 생산 기술로서의 고속 가공 과 MQL 가공



이 춘 만

창원대학교

기계설계공학과



황 영 국

창원대학교

기계설계공학과

## 1. 서론

최근 오존층 파괴, 지구온난화 등 환경문제가 전 세계적으로 중요시됨에 따라 이에 대응하기 위해 그림 1과 같이 제품의 개발·생산·사용·폐기 등 모든 단계에서 지구 친화형 제조를 추진하고 있다. 특히 생산단계에서 CO<sub>2</sub> 발생량과 폐기물 절감, 에너지 절약화가 강하게 요구되고 있어 환경 친화형 생산 기술이 중요시 되고 있다.

초기의 환경 친화형 생산 기술은 경제성과 인체 유독성 등의 측면을 소홀히 취급하였으나, 현재는 이 둘을 동시에 고려한 광범위한 의미에서 환경 친화형 생산 기술을 취급하고 있다. 즉 폐기량 극소화, 인체 유독성 극소화, 질삭유 극소화 등의 환경성 측면과 에너지 절감화, 생산능률 향상 등의 경제성 측면을 동시에 고려할 필요가 있다.

따라서 질삭유의 사용량을 배제 혹은 극소화하여 환경성을 고려하고 가공 에너지의 극소화, 가공 능률의 극대화, 질삭유 유지 관리비의 절감, 가공 시간의 단축 등을 통한

경제성을 고려한 생산 가공 기술을 개발, 적용해야 한다.

이에 본 문에서는 최근 전 세계적으로 생산 기술 측면에서 중점적으로 연구 중인 가공 관련 분야인 미소 구조물(Micro Fabrication)가공, 고속 가공(High Speed Machining), 복합 가공(Hybrid Machining), 쾌속 시작품(Rapid Prototyping), 환경 친화형 가공(Environmentally Conscious Machining) 중 환경문제와 원가 절감 등의 경제성 측면에서 큰 위치를 차지하고 있는 고속 가공과 MQL(Minimum Quantity Lubrication) 가공에 대해서 소개하고자 한다.

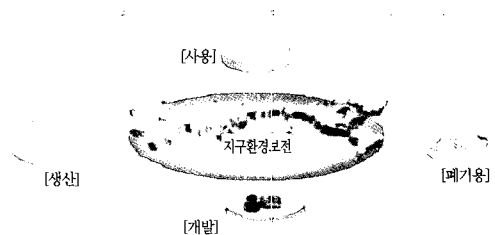


그림 1. 지구 친화형 물품 만들기

## 2. 고속 가공기술

### 2.1 고속 가공

고속 가공에 대한 개념은 가공품의 정밀도 향상과 가공시간의 단축으로 생산원가를 절감하고자 하는 목적 아래 1924년 독일의 Dr. Carl J. Salomon에 의해 제안되었다. 이 개념은 그림 2에서 보는 바와 같이 임계 절삭속도 이하에서는 절삭속도의 증가와 함께 절삭온도가 증가하지만 임계절삭속도 이상에서는 오히려 감소한다는 것에 근거하고 있다.

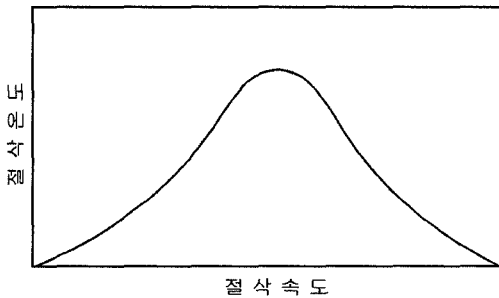


그림 2. Hypothesis of Salomon

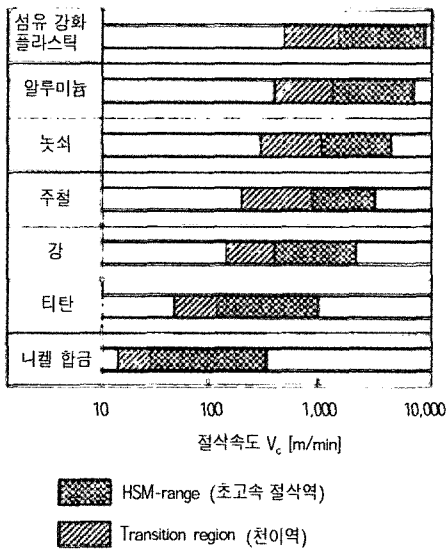


그림 3. (초)고속절삭이란

고속 가공의 인식은 사람들에 따라서 각각이며 ① 절삭속도가 높다, ② 공작기계의 주축회전 속도가 높다, ③ 이송속도가 높다는 견해가 있다. 그림3은 독일의 Schulz교수 등에 의해 제안된 고속절삭(HSM)의 대략의 영역을 가리킨 것이다. 여기서 천이역(Transition)이 통상 고속절삭이라고 불리우는 영역이다.

### 2.2 고속 가공의 효과

절삭온도가 피삭재의 용융온도에 근접하게 되면 피삭재가 국부적으로 유동성을 갖게 되는 이른바 연화(Softening) 현상이 발생하게 되어 절삭력이 감소한다. 고속 가공에서는 절삭력의 감소로 공구의 휨(Deflection)이 작아져 정밀가공이 가능하게 되어, 박형 부품의 가공이 가능하게 된다. 또한 가공 변질 층의 두께가 얇아지게 되어 표면품질이 향상된다. 절삭력의 감소로 인한 전단각(Shear Angle)의 증가로 칩의 배출속도가 절삭속도보다 크게 되어 칩의 배출이 원활하게 되고, 버(Burr)의 발생이 억제된다. 이러한 장점들이 있는 고속 가공을 기계 가공에 적용함으로써 공작기계의 사용효율증가, 생산 시간 단축, 공작물 표면 품질개선, 공구 사용량 감소, 생산비용 감소 등의 효과를 기대할 수 있다. 따라서 이러한 고속 가공의 장점으로 인해 최근의 산업 환경에서 중요시되고 필요한 Agile Manufacturing (다품종 소량 생산에서도 다량 생산과 동일한 생산성인 제조)을 실현하기 위한 핵심 기술로 각광 받는 등 최근의 산업 환경에

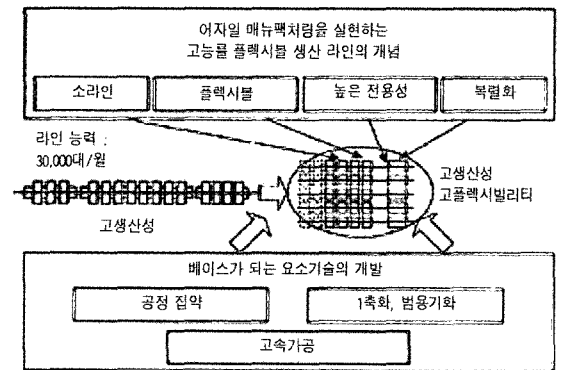


그림 4. 고성능 플렉시블 라인의 개념

서 그 중요성과 효과가 커지고 있다. 그림 4는 닛산 자동차(주)의 Agile Manufacturing에 대한 개념과 고속 가공의 이용을 보여 주고 있다.

### 2.3 고속 가공 요소기술

고속 가공은 고가속도를 실현할 수 있는 강성이 높은 고정밀도 기계, 고속 회전 주축, 고속·고정밀도 이송축 그리고 고속가공에 전될 수 있는 절삭공구가 각각 어떤 레벨 이상의 성능을 적절하게 발휘함으로써 가능해진다. 또한 작업자는 적절한 고속 가공 공구의 선정, 가공 조건선정, 가공 공정계획 수립 등 고속 가공 기술에 대한 정확한 이해가 필요하다. 이에 고속 가공을 실현할 수 있게 하는 요소기술들 중 공구와 NC 제어의 관점에서 고속 가공기술을 살펴보고자 한다.

먼저 공구의 관점에서 살펴보면 공구의 수명은 속도 의존성이 크고 고속이 될 수록 더욱 현저하고 심하게 저해되기 때문에 고속 가공에서 작업자는 적절한 가공 조건의 설정과 공구 재질, 형상의 선택이 중요하다. 이에 공구에 대한 최근의 연구를 살펴보면 고속 엔드밀 가공에서는 고속 가공의 특성 상 큰 칩이 발생하지 않으므로 넓은 칩 포켓은 불필요하고 보다 부드러운 칩 흐름을 유도하고 높은 이송시 요구되는 공구의 강성을 확보하기 위해 유연한 형상의 강화 된 단면을 가지는 엔드밀로 개발 되고 있다. 또 고속 절삭으로 인해 발생하는 순간적인 열에 견디고 내마모성을 보장하기 위해 PVD TiAlN 코팅이 많이 적용되며, 잘 마무리된 인선 처리 기법으로 공구의 수명을 연장시키기 위한 연구와 노력이 진행 중이다. 또한 그림 5에서와 같이 엔드밀 가공에 있어서의 가공방법은 종래의 지름 방향, 축 방향

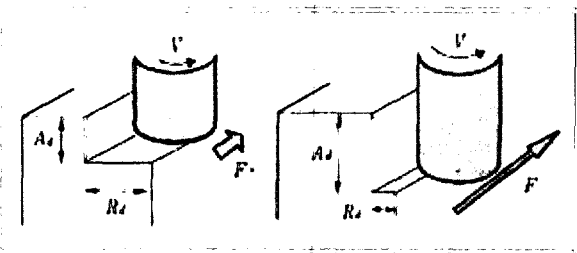


그림 5. 엔드밀 신가공법

모두의 절삭량을 크게 설정하여 능률을 올리는 방법대신 지름 방향 절삭을 작게 잡고 축방향의 절삭을 종래 이상으로 크게 설정하여 회전수를 높여 가공하는 방법이 많이 사용되고 있다.

고속·고가속도 운전이 가능한 고능력 머시닝 센터에서는 고속으로 운전되기 때문에 작업자가 가공 상태를 모니터 하면서 조작하는 것이 어렵고 또한 작업자가 고속 가공에 정통하지 않는 경우는 적절한 가공 조건을 정하는 것이 어렵다. 따라서 고속 가공용 머시닝 센터를 유효하게 활용하여 고속 가공을 하기 위해서는 적절한 절삭 조건과 제어 파라미터를 결정하기 위한 데이터베이스 구축과 절삭의 적응 제어 기능을 가지는 그림 6과 같은 지능화 가공 시스템이 필요하고, 각종 센서 기술의 정비를 통한 가공의 최적 제어 및 CAD/CAM의 원래 형상대로 충실하게 가공을 하기 위한 형상을 인식한 제어, 퍼스컴 기술 응용에 의한 조작성이 좋은 NC 시스템, IT 기술을 활용한 고능력 생산에 대응한 NC 시스템 등 고속·고정밀·고품위 가공을 실현할 수 있는 NC 공작기계를 지지하는 NC제어기술이 필요하다.

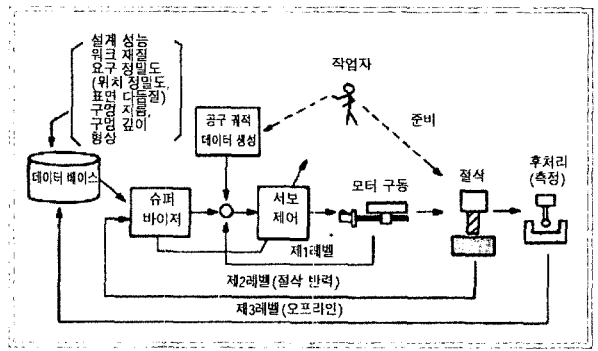


그림 6. 지능화머시닝 센터의 개념

## 3. MQL 가공 기술

### 3.1 MQL 가공

에코머시닝(Eco-Machining)이란 환경에 부담을 주지 않는 환경대응 가공기술을 말하는 것으로 현재의 에코머시닝 기술을 절삭액의 사용량에서 분류하면 크게 드라이 가

공과 세미드라이 가공으로 분류 되고 세부적으로는 그림 7에서 보이는 바와 같이 5종류로 나눌 수 있다. 드라이 가공이란 명칭 그대로 절삭액을 전혀 사용하지 않는 가공 방법이고 세미드라이 가공기술은 필요 최소한도의 절삭액을 사용해서 윤활성이나 냉각성을 확보하려는 방식이다. 완전한 드라이 가공의 실현은 현재로는 상당히 곤란하기 때문에 현실적인 방법으로서 주목되고 있는 것은 세미드라이 가공 기술이다.

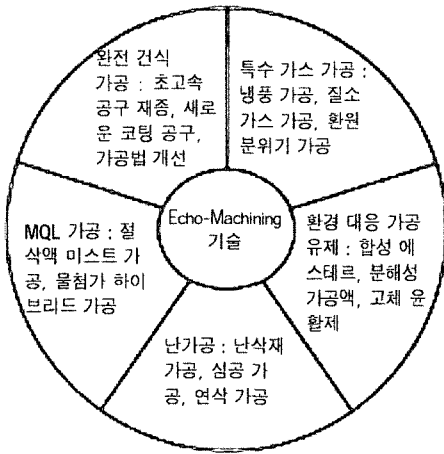
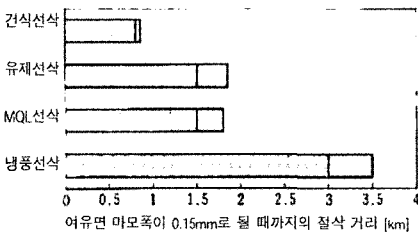


그림 7. Echo-Machining 기술의 분류



<p>&lt;실험조건&gt;                  절삭속도 : 500m/min, 절삭량 : 1mm                  이송 속도 : 0.2mm/rev, 칩 형상 :                  SNMG120404 코팅 초경합금, 바이트 :                  PSBNR2525M12, 가로 절삭날각 :                  15°, 공작물 : SCM435 (255HB)</p>	<p>&lt;유체조건&gt;                  슬류틀 타입 : 20L/min                  &lt;MQL 조건&gt;                  식물성유 : 20ml, +20°C, 0.25Nm<sup>2</sup>/min                  &lt;냉풍조건&gt;                  -40%℃, 0.1Nm<sup>2</sup>/min, 가공점 압력                  0.3MPa</p>
---	---

그림 8. 건식선삭, 유제선삭, MQL 선삭, 냉풍선삭의 성능 비교

그림 8에 보이는 바와 같이 세미드라이 가공 중 MQL 가공은 기존은 Wet 가공과 비교하여 거의 동등한 공구 수명을 가지고 표면 품질에서도 좋은 경향을 보인다는 결과가 많이 발표되므로 유제의 대체 수단이 된다고 생각된다. 이에 세미드라이 가공기술 중 MQL(Minimum Quantity Lubrication) 가공기술에 대해서 소개하고자 한다.

MQL(Minimum Quantity Lubrication)가공 기술은 1994년경 독일에서 개발된 기술로서 최소량윤활가공, 반건식(Semi-dry) 가공, 니어드라이(Near dry) 가공이라고도 한다. 이 기술은 기체를 반송 매체로 하여 안개상의 윤활액을 공구 날붙이에 바르는 방법의 총칭이다. 즉 안개상의 반송 가능한 사이즈를 가진 필요 최소량의 윤활액을 기액 혼합의 상태에서 가공부 등 필요 부위에 공급하는 방법이다. 여기서 윤활액에 요구되는 성능은 윤활 효과가 우수할 것, 성상이 안정되어 있을 것, 끈적끈적하게 붙지 않을 것, 냄새가 적을 것, 환경 부하가 적을 것 등이다. 그래서 무해로 생분해하는 식물성유나 신세틱 오일을 선택하는 경우가 많다. 또한 일반적으로 반송 매체에는 에어를 사용하는 일이 많은데 통상 공기 공급량은 100~400NI/min이고 공급 윤활유량은 수~40ml/h이다. 이때 현재로는 공급 윤활유량의 정확한 조절이나 파악이 힘든 것으로 조사되었다.

절삭유의 역할은 윤활작용, 냉각작용, 칩 배출의 3가지로 볼 수 있는데 MQL 가공 기술에서는 기존 절삭유의 윤활작용은 식물성 미스트 등으로 냉각작용과 칩 배출 작용은 고압 공기로 실시한다. 여기서 극미량의 절삭유 밖에 공급하지 못하므로 가공점에 정확하게 공급하는 것이 중요하고 칩 배출에도 많은 신경을 기울여야 한다.

### 3.2 MQL 가공기술의 분류

MQL 가공기술을 분류하면 공급 경로에 의한 구분에서는 그림 9와 같이 외부급유 방식과 내부급유 방식이 있고, 기액 혼합장소에 따른 구분에서는 그림 10, 11과 같이 주축 외부 믹싱 방식과 주축 내부 믹싱 방식으로 분류할 수 있다.

Internal MQL

External MQL

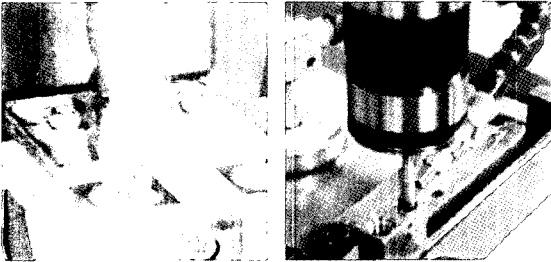


그림 9. 내부급유 방식 및 외부급유 방식

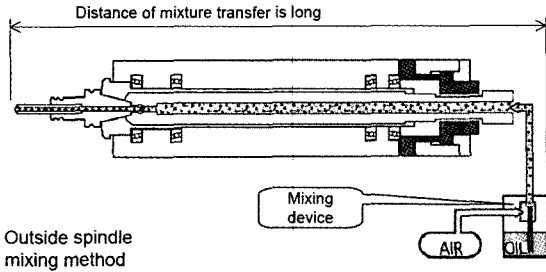


그림 10. 주축 외부 믹싱 방식

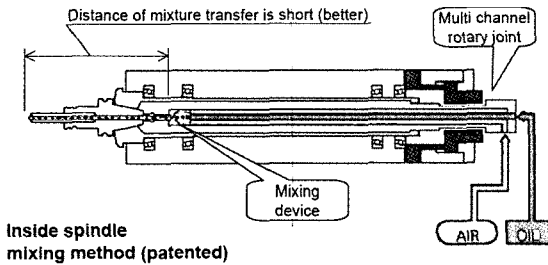


그림 11. 주축 내부 믹싱 방식

이러한 방법에는 각각 특징이 있으며 용도에 따라 구분하여 사용해야 한다. 외부급유 방식(외부 노즐 방식)은 장치 코스트가 얹가고 또한 개량이 용이한 반면 범용성이 결여되고, 주축 외부 믹싱 방식을 축심 급유로 사용하는 경우는 알루미늄 가공과 같은 경우에는 MQL의 절대 필요량이 부족하고 리머 등 피삭재와의 접촉 면적이 큰 공구를

이용한 가공에서는 적용이 곤란하다. 또한 ATC를 비치한 기계에서는 공구 교환시의 MQL 응답이 문제가 되고 주축의 고회전시에는 회전수의 증가로 인한 원심력의 증가에 수반하는 MQL 토출량의 감소가 문제된다. 이에 HORKOS CORP.에서는 주축 내부 믹싱 방법을 적용하여 상기의 문제점들을 해결하고 있다. 이 방식은 그림 11에 보이는 바와 같이 2유로(流路)의 회전 조인트를 사용하여 기체와 윤활액을 개별로 주축 내에 반송하여 공구 근방에 설치한 기액 혼합장치에서 MQL을 생성하는 방법이다. 기액 혼합 장치를 주축에 내장함으로써 MQL의 반송거리를 최소화한 결과, 외부 믹싱방식에 비해 토출의 응답을 대폭 향상시킬 수 있고 윤활액을 가변용량 방식의 펌프로 보내고 그것을 모두 소비하기 때문에 토출량의 조절을 쉽게 할 수 있다고 한다. 그러나 기존의 MC에 적용하기 위한 개량이 용이하지 않다는 문제점에 있다.

### 3.3 MQL 관련 장치

최근 공장기계 회사, 공구 업체, 연구소 등에서 MQL 가공에 대한 많은 연구와 실험이 행해져 그 성과들이 활발히 상품화 되고 있다. MQL 장치를 장비한 기계에서는 대부분 MQL 공급 장치, 미스트 컬렉터, 특수 칩 제거장치 등이 부착된 경우가 많다.

MQL 공급 장치는 식물성 절삭유를 미스트화 하여 적정량을 반응성이 좋게 공급하는 것이 중요하다. 여기서 미스트의 반송 효율은 표 1에서 보는 바와 같이 미스트의 입자 지름에 많은 영향을 받는 것으로 발표 되고 있다. 따라서 각각의 작업 공정 및 조건에 알맞은 MQL 공급장치의 선정 및 MQL 가공을 실현하기 위해서는 오일 미스트에 대한 올바른 이해가 중요하다. 오일 미스트에 대한 분류를 MQL 공급 장치업체에서 제시한 것을 참조하면 표 2와 같다.

표 1. 오일 미스트 입자지름 그 효과의 동향

	토출량	반응성
입자 지름 작다	적다	좋다
입자 지름 크다	많다	나쁘다

표 2. 입자 지름에 의한 미스트 분류

입자 지름(μm)	분류
~2	드라이 미스트
2~4	중간 미스트
4~10	습식 미스트
10~	기름 방울

드라이 미스트는 입자 지름이 2μm이하로 물체에 부착되는 일이 없고 대기 중을 담배 연기처럼 떠도는 정도라고 한다. 다음 입자 지름 2~4μm 크기의 중간 미스트로 지칭되는 영역이 있는데 이 중간 미스트의 상한 4μm는 오일 미스트가 공작기계의 배관 내부를 유효하게 반송할 수 있는 상한이라고 한다. 그래서 만약 반송 중에 경로 내의 외적 요인에 의해 미스트의 입자 지름이 4μm이상으로 되어 버리면 즉응성을 가져 공기 오일구멍의 선단에서 MQL이 효율적으로 토출되지 않는다고 한다. 다음 미스트 입자 지름 4~10μm의 습식 미스트로 지칭되는 영역이 있다. 이 영역은 앞서 언급 하였듯이 입자 지름이 4μm이상이기 때문에 반건식화, 회전하는 주축 내부를 반송하는 용도에서는 일부 특수 용도를 제외하고는 유효하지 않다고 발표되어 있다. 다음 단계인 입자 지름 10μm이상을 기름방울이라고 부르는데 이 기름방울이 노즐을 갖고 있는 종전의 외부 급유 방식 오일 미스트에 해당한다. 이 영역의 오일 미스트는 물체에 부착하게 되고 세미 드라이가공에서 사용하기 적절한 입자 지름이라고 한다. 따라서 절삭점에 이르러서는 가공에 필요한 적절한 유효성을 얻을 수 있다. 그러므로 내부 급유 방식에서의 미스트 공급 장치는 초미립자 오일 미스트를 생성시켜 공작기계의 배관 내부를 효율적으로 반송하게 해야 되고, 절삭점에 이르러서는 기름방울 상태로 함으로써 유효제의 역할을 할 수 있도록 하는 기술이 필요하다고 한다. 이에 MQL 장치 공급업체에서는 미스트 발생장치의 입자에 대한 보다 많은 연구와 실험을 통해 미스트 입자의 지름에 의한 장치의 응답성, 토출량에 대한 데이터를 확보해야 할 것이다.

미스트 컬렉터는 최근의 환경 개선이 중요시되는 분위기에서 작업자 및 환경에 미치는 미스트의 영향이 대두됨으로써 중요시되고 있다. 그 내용은 ① 두통과 피부 거칠어짐 등으로 인한 건강 장애 ② 마루와 벽에 부착됨으로 인한 전

도· 화재 위험, 잦은 환기로 인한 냉· 난방 에너지의 손실 초래, 공조기와 같은 설비들의 고장 요인 등 품질이나 비용 측면에서의 생산성에도 악영향을 끼치기 때문에 중요한 문제로 대두 되고 있다. 따라서 작업 환경의 개선, 지구 규모의 환경 보전을 위하여 오일 미스트의 허용 농도(표 3 참조)에 대한 정부 차원에서의 제한이 강화될 것이므로 적절한 미스트의 포집이 중요하다. 미스트 컬렉터의 방식은 크게 필터 여과식, 전기 집진식, 관성 집진식의 3가지로 나눌 수 있으며 개요는 표 4과 같다.

표 3. 오일 미스트 허용 농도

명 칭	작업 환경 허용 농도(mg/m <sup>3</sup> )
일본 산업위생학회 제안치	30
회사 등에서의 자주 기준치	0.5~1.0

표 4. 미스트 컬렉터 방식

	개 요
필터 여과식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 눈이 다른 필터를 다층으로 조합하여 미스트 입자를 여과 포집한다.</li> <li>• 가장 일반적인 방식으로 미스트 농도가 비교적 낮은 경우에 사용한다.(대체로 미스트 농도 20mg/m<sup>3</sup> 이하에서 적용된다.)</li> </ul>
전기 집진식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고전압에서 코로나 방전을 발생하여 미스트 입자를 대전시키고 전기력으로 미스트 입자를 포집한다.</li> <li>• 미세 입자까지 포집할 수 있으므로 고농도의 미스트에도 대응할 수 있다.</li> </ul>
관성 집진식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원심력이나 충돌 등의 관성력으로 미스트 입자를 포집한다.</li> <li>• 조대 입자 등 간이적인 미스트 분리에 사용된다.</li> </ul>

MQL 가공 기술에서 반드시 고려되어야 할 것이 칩 처리 기술이다. 현재까지의 조사에 따르면 칩 처리를 위해 중력 낙하식 기계구성 및 진공 시스템으로 칩을 흡인하는 방식, 칩을 컨베이어 방향으로 가공력으로 붙어 날려버림으로써 베드 등에 칩이 떨어지지 않게 하는 방법 등 다양한 기술이 개발되고 연구 중에 있다. 여기서는 실제 MC등의 제품에 적용되고 있는 방식을 위주로 소개한다. 그림 12, 13은 호코스사에서 개발한 중력 낙하방식을 적용한 예이다. 여기서 그림 12는 MC에서 지그 상에 칩이 퇴적 되는 것을 방지하기 위해서 '수직 반전 지그'를 채택한 구조의 예이다. 이

방식의 특징은 지그 직하에 큰 구멍을 뚫고 칩 컨베이어로 칩을 기외로 배출하는 구조로 되어 있는 것이다. 그림 14 역시 호코스사에서 개발한 진공 방식으로 칩 처리를 하는 경우의 개략도이고, 그림 15는 수직형 머시닝센터와 수평형 머시닝센터에의 응용 사례이다.

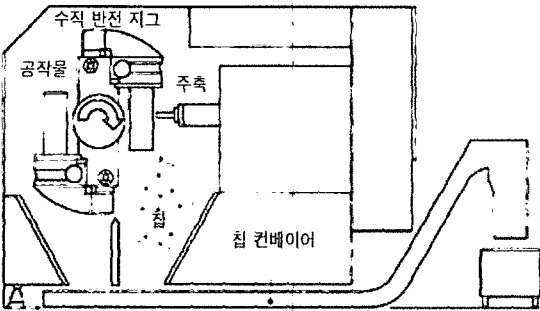


그림 12. 중력 낙하방식(수직 반전 지그 채택)에

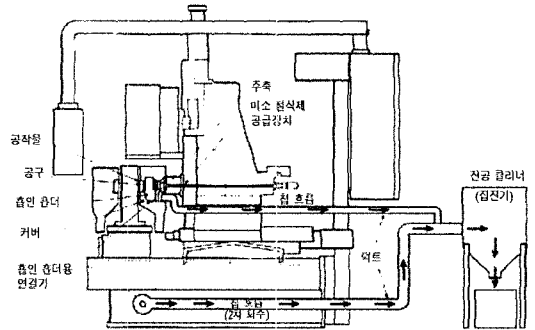
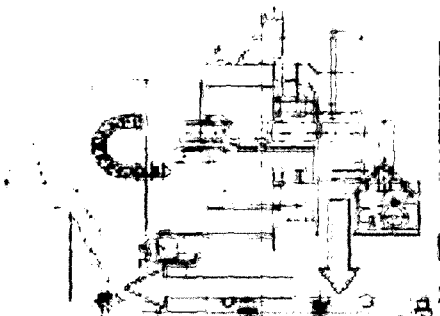


그림 14. 진공 방식에 의한 칩 처리 예



그림 15. 진공 방식 실 사례



칩 배출 방향

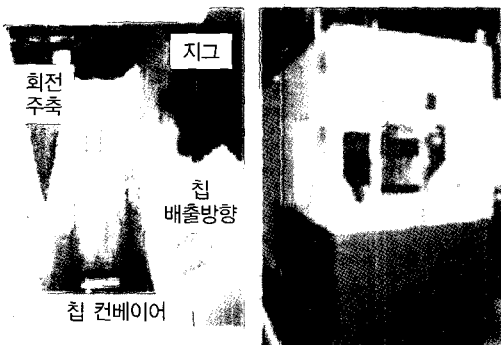


그림 13. R30H 칩 직하 베드

#### 4. 고속 가공기술 과 MQL 가공기술

최근의 산업 환경에서는 정부 차원에서의 법적 규제 강화 등을 통해 환경 문제와 작업자의 건강을 고려한 친환경적 생산 가공 기술이 요구 되고 있다. 이에 생산현장에서는 절삭시간과 비 절삭 시간의 단축을 위해 기계·공구·제어기술의 통합적인 개발을 통해 고속 고능률 고품위 가공을 실현하고자 한다. 또한 그림 16에서 보이는 바와 같이 기계공장에서 사용하는 에너지 중 기계가공기가 약 80%를 사용하고 그 중에서도 기계가공기사용 에너지의 약 50%는 유제가 사용하고 있으므로 유제의 사용을 줄여 생산비 절감, 작업 환경 개선, 환경 규제에 대응 하고자 한다. 이에 드라이, 세미드라이가공의 실현이 중요시 되고 있다. 즉 생산비를 줄

이고 환경 보호를 위해서는 고속 가공 기술과 드라이, 세미 드라이 가공기술이 동시에 고려되어야 하는 경우가 많다.

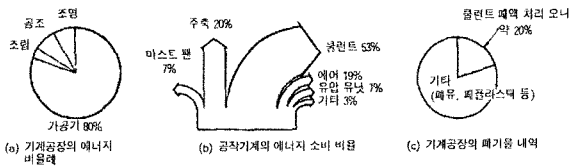


그림 16. 기계공장 내 에너지 사용 비율과 내역(도요타 자동차)

그림 17에서 보는 바와 같이 절삭속도 60m/min에서는 절삭유를 사용하는 경우가 효과적이었으나 100m/min 이상의 절삭속도에서는 MQL을 사용하는 것이 효과적임을 볼 수 있어, 고속가공에서는 절삭유를 MQL로 대체 할 수 있다는 연구 발표도 있다. 그리고 항공용 부품 소재와 같은 난삭재의 경우는 경제성, 환경성, 작업안정성 등의 종합적인 측면에서 고속 가공과 드라이 가공의 공통적인 적용이 필요하기 때문에 이 두 가공기술의 조합에 대한 연구가 이루어지고 있다.

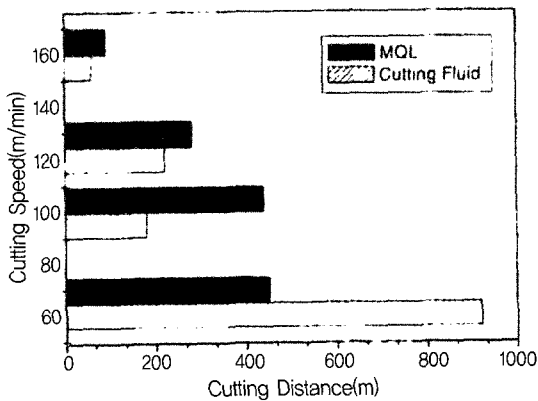


그림 17. Comparison of cutting performance in end milling for stainless steel

그러나 앞서서도 살펴보았듯이 MQL 가공 기술 중 외부 급유 방식은 아직까지 모든 공정에 적용할 수 있는 범용성이 부족하고 내부 급유 방식 중 주축 내부 믹싱 방식은 머

시닝센터에서는 미스트가 회전부를 통과해야하기 때문에 주축이 고속으로 회전하는 고속 가공의 경우 MQL의 효율적인 반응이 힘들어 적용이 어렵다고 생각된다. 그러나 선반 가공에서는 미스트가 회전부를 통과하지 않기 때문에 MQL 가공 기술의 고속 가공에의 적용이 더욱 용이하다고 생각된다. 앞으로 상기의 문제점들을 해결하여 고속가공에서의 드라이, 세미드라이 가공을 실현할 수 있는 연구가 많이 수행되어야 할 것이다.

## 5. 결론

현대의 산업 환경에서는 소비자 요구의 다양화, 제품 라이프 사이클의 단축에 대응할 수 있는 Agile Manufacturing이 요구되고, 가공 환경이 친환경적이어야 한다. 앞서도 언급하였듯이 이러한 요구에 대응할 수 있는 가공 기술로 고속 가공과 환경 친화형 가공 중 MQL 가공 기술이 중요시되고 있다.

고속 가공 기술은 기존의 공작기계 시장을 기반으로 점진적으로 발전하는 분야로서 공작기계, 공구, CAM 시스템, NC 제어 시스템 등의 복합적인개발이 필요하다. 또한 현재의 가공 환경에서는 운전자, 생산기술자, 공장 관리자 등 종합 기술자의 실력이 저하되는 현상이 현저하고, 그 결과 가공 불량률이 증대하고 그것을 막는 방법으로서 과잉 성능의 설비, 공구를 사용하여 생산성이 유지되고 있다는 보고가 있다. 따라서 현재 공작기계 및 공구의 성능을 100% 발휘하기 위해서는 적절한 절삭조건, 피삭재에 따른 공구의 선정, 최적의 가공 공정 계획을 위한 고속 가공 기술의 데이터베이스 구축이 필요하다.

MQL 가공 역시 생산라인에서 더욱 신뢰성이 높고 비용면에서 이점이 있는 기술로 높여 가기 위해서는 공구 날 끝에서의 절삭 현상, 칩의 유출방식, 열이 공작기계에 전달되는 방식, 미스트의 거동 등에 대한 메커니즘 해석을 꾸준히 진행해야한다.

고속 가공이든 MQL 가공이든 모두 최종적으로는 제품의 가공을 지향한 이상 실용적인 가공법이어야 한다. 또 가공비용이나 환경 부담금 등을 포함한 전체적인 비용을 낮게 억제할 필요가 있다. 따라서 고속 가공 기술과 MQL 가공 기술을 효율적으로 기계 가공 공정에 적용하기 위해서



는 대학, 연구기관, 공작기계·공구 메이커 등 관련 업체들 간의 제휴 관계나 정보 공유화가 필요하고 연구 결과들의 데이터베이스화가 중요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 히가세 요시아키, "고속 가공의 최신 동향과 앞으로의 과제", 기계기술, pp. 42-55, 2001
2. 이종항, 이상조, "환경 친화적인 절삭가공 기술", 한국정밀공학회지, 제18권 9호, pp. 31-36, 2001
3. 시즈오카대학, "물과 기름을 미립자로 하여 절삭점에 공급하는 복합 미스트 절삭가공의 적용과 효과", 기계기술, pp. 98-105, 2001
4. 강재훈, "환경 친화적 공작 기계 및 가공 기술", 한국공작기계학회지, 제9권 1호, pp. 9-17, 2000
5. 마에다 준, "공구의 관점에서 살핀 고속 고능률 가공", 기계기술, pp. 68-75, 2000
6. Tadashi Makiyama, "Advanced Near Dry Machining System", HORKOS CORP, 2000
7. 미다니 유우시, 마에다 다쓰오, "원가절감을 위한 고속 가공 활용사례", 기계기술, pp. 85-94, 2000
8. 이종항, 이상조, 이석우, 최현중, "환경 친화적인 세미드라이 선삭가공 특성", 한국정밀공학회지, 제19권 10호, pp. 221-226, 2002
9. D.Dudzinski, A.Devillez, A.Moufki, D.Larrouquere, V.Zerrouki, J.Vigneau, "A review of development towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy", International Journal of Machine Tools & Manufacture, pp. 439-456, 2004
10. Anselmo Eduardo Diniz, Ricardo Micaroni, "Cutting conditions for finish turning process aiming: the use of dry cutting", International Journal of Machine Tools & Manufacture, pp. 899-904, 2002
11. 요시무라히로미, "자동차 부품의 드라이?세미드라이 가공에 대한 노력", 기계기술, pp. 121-130, 2003
12. 사토코겐, "가공 현장의 환경. 에너지 절약을 위한 대처", 기계기술, pp. 123-130, 2002
13. 키타바야시코이치, "미스트 컬렉터에 요구되는 기능과 특징", 기계기술, pp. 104-111, 2002
14. 이노우에쓰토무, "반건삭화의 최신 동향과 미스트 장치 개발", 기계기술, pp. 112-119, 2002
15. P.S. Sreejith, B.K.A. Ngoi, "Dry machining: Machining of the future", Journal of Materials Processing Technology, pp. 287-291, 2000
16. M. Rahman, A. Senthil Kumar, M.U. Salam, "Experimental evaluation on the effect of minimal quantities of lubricant in milling", International Journal of Machine Tools & Manufacture, 539-547, 2002
17. H. Hanyu, S. Kamiya, Y. Murakami, M. Saka, "Dry and semi-dry machining using finely crystallized diamond coating cutting tools", Surface and Coatings Technology, 992-995, 2003
18. 이춘만 외, "고속 절삭가공 기술 개발(1,2,3차년도 연구 보고서)", 창원대학교 공작기계기술연구센터, 2002~2004
19. 마키야마 다다시, "MC에 의한 MQL 가공과 칩 처리의 실제", 기계기술, pp. 55-61, 2001
20. 최창희, "금형 가공을 위한 고속 가공 및 툴링 기술", 한국정밀공학회지 제18권 8호, pp. 18-23, 2001